

(Translation)

(19) Korean Industrial Property Office(KR)
(12) Publication of Patent (B1)

(51) C21D 8/12

(43) Publication Date. July 26, 1997

(65) Publication No. 10-1997-0043180

(21) Application No.	10-1995-0053582
(22) Application Date.	December 21, 1995
(73) Patentee	POSCO
(72) Inventors	CHOI, Kyu Seung HAN, Gyu Seok

(54) Title of Invention

Method for manufacturing a grain oriented electrical steel sheet having good magnetic property and decarburization characteristics

The present invention relates to method for manufacturing grain-oriented electrical steel sheet to be used as core materials of transformers, motors, generators and other electronic devices in a way of low-temperature slab heating. Specifically the present invention relates to method for manufacturing grain-oriented electrical steel sheet, in which control the carbon content of 0.025% or less during refining process so as to improve the decarburization characteristics in a subsequent process step, and increase the second rolling ratio so as to have strong strain energy of the steel sheet, thereby obtaining the steel sheet having superior magnetic properties.

In the method for manufacturing grain oriented electrical steel sheet in a way of low-temperature slab heating by using AlN as the second recrystallization inhibitor, the present invention has a feature of providing grain-oriented electrical steel sheet having super magnetic properties and decarburization characteristics by controlling the C content of 0.010~0.025% and the second cold rolling ratio of 58~65%.

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. 7
C21D 8/12

(45) 공고일자 2000년05월15일
(11) 공고번호 10-0256342
(24) 등록일자 2000년02월22일

(21) 출원번호	10-1995-0053582	(65) 공개번호	특1997-0043180
(22) 출원일자	1995년12월21일	(43) 공개일자	1997년07월26일
(73) 특허권자	포항종합제철주식회사 이구택 경상북도 포항시 남구 괴동동 1번지		
(72) 발명자	최규승 경상북도 포항시 남구 괴동동 1번지 포항종합제철(주)내 한규석 경상북도 포항시 남구 괴동동 1번지 포항종합제철(주)내		
(74) 대리인	손원 전준항		

심사관: 박기학

(54) 자성 및 탈탄성이 우수한 방향성전기강판의 제조방법

요약

본 발명은 변압기, 전동기, 발전기 및 기타 전기기기등의 철심재료로 사용되는 방향성 전기 강판을 저온스라브 가열방식에 의해 제조하는 방법에 관한 것으로서, 제강시 성분중 탄소량을 0.025%이하로 함유시켜 이후 공정에서의 탈탄성을 향상시키고, 2차 냉연율을 증가시켜 강한 가공에너지를 갖게 함으로써, 자성을 향상시킬 수 있는 방향성 전기강판의 제조방법을 제공하고자 하는데, 그 목적이 있다.

본 발명은 AIN을 2차 재결정 성장억제제로 하고 저온스라브 가열방식을 적용하여 방향성 전기강판을 제조하는 방법에 있어서, 소강중의 C함량이 0.010-0.025 범위이고, 그리고 2차 냉간압연율이 58-65% 인 자성 및 탈탄성이 우수한 방향성 전기강판의 제조방법을 그요지로 한다.

명세서

[발명의 명칭]자성 및 탈탄성이 우수한 방향성 전기강판의 제조방법[발명의 상세한 설명]본 발명은 변압기, 전동기, 발전기 및 기타 전기기기등의 철심재료로 사용되는 방향성 전기강판을 저온 스라브 가열방식에 의해 제조하는 방법에 관한 것으로서, AIN을 2차 재결정 성장억제제로 하고 저온 스라브 가열방식을 적용하는 자성 및 탈탄성이 우수한 방향성 전기강판을 제조하는 방법에 관한 것이다.

방향성 전기강판이란 결정립의 방위가 (110)[001]방향으로 정렬된 집합조직을 가지고 있으며 이 제품은 압연 방향으로 극히 우수한 자기적특성을 가지고 있으므로 이 특성을 이용하여 변압기, 전동기, 발전기 및 기타 전기기기등의 철심 재료로 사용된다.

방향성전기강판의 제조공정은 일반적으로 2-4%의 규소와 입성장억제제로 대부분 MnS나 MnSe를 함유하는 것을 특징으로 용해하여 스라브를 만든후, (재가열 및 열간압연)-(예비소둔)-(중간소둔이 낀 1회의 냉간압연)-(탈탄 소둔)-(용착방지제 도포)-(최종 마루리고온소둔)등의 복잡한 공정을 거쳐서 최종 제품으로 완성되는데 이러한 복잡한 제조과정중 가장 제조상의 난문제를 안고 있는 공정이 고온에서 열처리를 행하는 스라브 재가열공정이다. 이 스라브 재가열공정은 입성장억제제로 사용되는 MnS나 AIN등의 석출물들을 완전히 고용 분산시킨 후 미세하게 석출시켜야만 하는 것을 중심으로 하여 행하여지는데, 이를 위해서는 1400℃ 정도의 고온에서 5시간 정도의 유지가 불가피하게 된다. 이때 고온의 스라브 표면에서는 공기와의 산화반응에 의한 Si 및 Fe 성분의 산화물이 복합된 파이어라이트(Fe

$2SiO_4$)라는 산화물로 되며 이는 용점이 1300℃ 정도로 낮아 표면에서 부터 녹아내리게 된다. 이때 녹아내리는 스라브는 일부 바깥으로 흘러내리게 설계되어 있지만 대부분은 로 상부의 내화물등에 축적되기 때문에 작업종료와 동시에 내부수리가 불가피하다. 따라서 연속작업을 주 특징으로 하는 제철소에서는 이로 인한 작업성 불량, 생산성 감소, 원가 상승등의 엄청난 경제적 부담을 안고 있다.

스라브 재가열온도의 하향화 노력은 선진제조업체들 중심으로 총력적인 관심속에 진행되고 있으며 여러가지 방법이 제시되고 있는 중이다. 그 방법으로서, 재가열은 도둑 스라브가 녹지 않는 약 1300℃이하의 온도에서 행하는 것을 기점으로 하여 기본 성분

의 조정을 행하며 이 성분조정에 부가하여 제조공정중의 석출물 관리방법 개선등이 제안되고 있다. 현재까지의 공지 기술들로는 일본에서 주로 검토되어 국내에 까지 기술을 공개한 한국특허 공개 제 89-8334, 89-13200, 92-702728, 92-9999, 92-14941호 및 공개 제 89-8892호등이 있다. 이들은 모두 고자속밀도 방향성전기강판용을 대상으로 하였고, 실제적인 재가열온도는 보통 1150-1200℃ 범위이며, 자속밀도값을 확보하기 위해서 입성장벽제제 성분의 하나인 N성분을 공정중에서 보충하기 위해서 탈탄 소둔공정후 소재내에 질소를 함침시키는 침질화 처리공정이 필수적으로 추가되고 있다. 따라서 이들의 기술들은 제철소 일반강의 재가열온도인 1250-1280℃보다 오히려 낮은 온도로 관리함에 따라 상호 작업간섭이 있고, 침질반응을 위한 추가설비의 설치가 불가피하여 원가부담이 되고, 특히 입성장벽제제 확보를 위해 1회강압연 처리로 공정관리가 극히 어렵게 됨에 따라 로트별 자성변차가 심하게 나타나 실수율이 낮게 된다.

본 발명자들은 재래식 방향성전기강판을 제철소 일반강의 처리조건과 거의 동일한 재가열온도인 1250-1300℃ 부근에서 열처리하여 열간압연을 행하도록 하는 성분계를 설계하였으며, 기존의 제조공정에서의 설비들 보완 내지 신설하지 않고도 작업이 가능한 새로운 제조방법을 확립하여 한국특허출원 제 93-23751호로 특허출원한바 있고, 또한 부가적인 요소기술들을 한국특허출원 제 94-21388, 21389, 21390 및 21391호 등으로 특허출원하였다.

상기 제안된 저온재가열법을 이용하여 실제 생산시 높은 실수율 및 우수한 자기적 특성을 갖는 제품을 생산할 수 있었다. 그러나 이 제조방법에 의하면 통상재의 제조 순서와 달리 1차 냉간압연 후 중간두께에서 탈탄소등을 행하여야만 하므로 최종 제품에서의 잔류탄소량관리를 위해서는 장기간의 탈탄소시간을 필요로 하여 연속 생산공정의 단절을 유발하기도 하고 또는 불가피하게 최종 제품에서의 잔류 탄소량관리한계인 25ppm 이하 범위를 넘어서는 경우도 생길수도 있기 때문에 수요가의 사용특성 저하의 한 요인이 되기도 한다. 따라서 생산공장에서의 공정 부하를 줄이면서 원활한 공정진행을 위해서는 초기 소강중의 탄소량을 줄여서 탈탄소등공정의 중간두께에서 짧은 시간내에 탄소량을 관리기종인 25ppm이하로 관리할수 있다면 공정 진행이 원활히 되어 생산 원가의 단축이 가능해 진다. 이에 본 발명자들은 초기 소강중의 탄소량을 공정중의 자연소실분과 유리질절연피막(glass film, Base coating)형성에 필요한 소재표면의 산화물형성시 동시에 일어나는 탈탄 반응에 의해 제거되는 탄소량을 고려하여 최적의 제강시 탄소량은 0.025%이하임을 확인하고, 이러한 저탄소성분계를 이용하여 안정적인 자성을 확보할수 있는 방법을 확립하여 본 발명을 제안하게 된 것으로써, 본 발명은 제강시의 성분중 탄소량을 0.025%이하로 함유시켜 이후 공정에서의 탈탄성을 향상시키고 2차 냉연율을 증가시켜 감한 가공에너지를 갖게 함으로써 자성을 향상시킬 수 있는 방향성 전기 강판의 제조방법을 제공하고자 하는데, 그 목적이 있다.

이하, 본 발명에 대하여 설명한다.

본 발명에 의하면, 중량%로 Si: 2.9-3.3%, P: 0.015%이하, 용존 Al: 0.011-0.027%, N: 0.0080-0.012%, S: 0.007%이하, Ni 및 Cr의 단독 또는 복합: 0.06-0.18%, Mn: 0.32% 이하, Cu: 0.6%이하, C:0.010-0.025% 및 기타 불가피한 불순물로 조성되는 스프라브를 1250-1320℃로 재가열한 후 열간압연을 행하고, 이어 1000℃이하의 온도에서 열연판 소둔을 행한후, 820-870℃의 습수 소둔위기에서 행하는 탈탄소등을 포함한 2회의 냉간압연에 의해 최종두께로 조정하되 2차 냉간압연율을 58-65%로 하고, 이어 600℃이하에서 회복소둔을 행한다음 MgO를 주성분으로 하는 응착방지제를 도포하여 권취한 다음, 실온에서 1180-1220℃까지 승온하되 그 승온구간중의 분위기가스를 20-25%질소함유수소분위기조하고 1180-1220℃의 최고균열온도구간에서의 분위기가스를 100% 수소분위기조하여 총 20시간 이상의 균열후 냉각하는 열사이클을 거치는 최종마무리소둔을 행한후, 냉각하는 자성 및 탈탄성이 우수한 방향성 전기강판의 제조방법이 제공된다.

이하, 본 발명에 대하여 상세히 설명한다.

최종제품에 있어서 자기적 특성의 결정은 입성장벽제제인 석출물들이 2차 재결정 생성시 최적상태에서의 역할을 하도록 하는 것이며 이를 위해서는 각 성분계에 적절한 제조공정의 정립이 필요하다. 본 발명성분계는 S량을 강력 억제하는 것을 특징으로 하는 AlN 중심 성분계이고, 열간압연시의 냉각과정중 AlN은 자성이 우수한 2차 재결정립 형성에 유효한 극히 미세한 형태로 석출됨으로서 열연판소둔에 의한 석출물제어는 본 발명성분계에서는 필요치 않으며 이어 냉간압연을 행하게 된다. 또한 본 발명재의 특징은 중간 두께에서 탈탄소등을 행하여 Si

$3N_4$ 의 석출물을 추가형성할 수 있다. 또 2차 냉간압연은 탈탄소 후인 저탄소하에서 행함으로써 상대적으로 가공에너지가 적게 됨으로써 2차 재결정 형성이 보다 용이하게 된다. 1차재결정 형성은 최종 마무리소둔중의 저온부에서 행하고 계속된 승온중에서 2차 재결정이 종료시키는 1,2차 재결정이 최종 마무리 소둔중에서 일으키게 함으로서 2차 소둔공정이 없는 생산공정의 단축이 가능하게 된다. 특히 최종 마무리소둔시 장시간에 걸친 완벽한 1차 재결정형성으로 이후 형성되는 2차 재결정립이 자화 용이 방향인 (110)[001]방향으로 보다 정렬된 집합조직을 가지게 할 수 있어 용상의 일반방향성 보다 극히 우수한 자성을 확보할 수 있게 되는 것이 본 발명의 특징이라고 할 수 있다.

이러한 저온재가열법에 의한 새로운 제조방법에 의해 획기적인 제조기술의 진보가 이루어졌지만 보다 용이하게 제조공정을 확립하고자 하는 목적이 있고 이에 부응하여 새로운 공제 개선책들이 강구되고 있다.

방향성제품을 수요가에서 가공사용시 시간의 경과에 따라 사용전 전기강판소재의 자기적특성의 열화현상이 나타난다. 이것을 자기시효현상(magnetic aging)이라고 말하는데, 이는 예를 들면, 변압기로 가공 조립하여 사용시에 변압기 자체의 온도가 상승하게 되고 이에 따라 소재 내부에 있던 탄소성분은 Fe

$3C$ 등의 탄화물로 결정립들임계(grain boundary)에 주로 석출하며, 또한 질소 및 유황성분의 존재도 각각 집화물이나 유화물을 만들어 석출하게 됨으로서 자구의 이동을 방해하기 때문에 자기적특성이 시간의 경과에 따라 열화하게 된다. 이때 자기시효현상이 가장 심한 성분이 탄소이기 때문에 제조공정에서는 특히 탄소성분의 관리에 유의할 하게 되며, 공장에서의 자체 관리범위는 25ppm이하로 유지하고 있다. 왜냐하면 잔류탄소량이 그 이하에서는 시간에 따른 자기시효현상이 극히 미약하기 때문이다. 그러

나 통상 기본 제조법으로 적용하고 있는 한국특허출원제 93-23751호의 제조법에서는 중간 탈탄소둔공정에서 잔류탄소 관리에는 7-8분의 장시간 소둔이 필요하기 때문에 공정진행에 엄청난 방해로 끼치게 되고, 보다 짧은 시간의 소둔시는 잔류탄소량이 25ppm을 넘을수가 있어서 수동가 사용시 특성열화가 불가피하다. 따라서, 본 발명자는 초기 소강중의 탄소량을 공정중의 자연소실분과 유리질절연피막(glass film, Base coating)형성에 필요한 소재표면의 산화물형성시 동시에 일어나는 탈탄반응에 의해 제거되는 탄소량을 고려한 최적의 소강시 탄소량은 0.025% 이하임을 확인하여 소강시 0.025% 이하로 조절하고, 이후 제조공정에서 소강탄소량 하향에 따른 집합조직의 변화들은 이후 본 공정 조업조건들을 주어진 기본조건하에서 엄격히 관리함에 의해 보완이 가능하며 특히 2차 냉연율을 통상상태에 비해 58% 이상으로 상향조업함에 의해 냉간압연시 소재의 가공에너지의 증가가 가능하여 최종 마무리소둔시에 형성되는 1,2차 재결정을 안정화시켜 보다 자성향상에 유리한 (110){001}방위로 배향하는데 기여할수 있다.

이하, 본 발명의 수치 한정이유에 대해 설명한다.

상기 C는 적절한 압연조직을 형성하게 하고, 냉간압연시 가공에너지를 부여하기 때문에 일부는 존재되어야 하나 이후 탈탄 공정의 어려움을 고려하여 공정 진행중 자연소실분 및 산화층 형성에 필요한 최소한의 탈탄시간에 제거되는 탄소량까지를 고려한 값인 0.025%이하로 한정하나, 바람직하게는 상기 탄소량은 불가피하게 첨가되는 량인 0.010% 이상이 좋다.

상기 Si는 전기강판의 기본 성분으로 소재의 비저항치를 증가시켜 철손손실 즉 철손을 낮추는 역할을 한다. 2.9%이하에서는 철손 특성이 나쁘고, 과잉 함유시 강이 취약해져 냉간압연성이 극히 나빠지고 2차 재결정 형성이 불안정해지므로 상기 Si의 함량은 2.9-3.3%로 제한하는 것이 바람직하다.

상기 Mn은 재가열시 석출물의 고용온도를 낮추며, 열간압연시 소재 양 끝부분에 생성되는 크랙을 방지의 역할을 하므로 많이 첨가할수록 유리하지만, 0.32%이상 첨가시에는 탈탄소둔시 형성되는 Mn 산화물에 의해 고온소둔시 형성되는 포스테라이트 피막의 밀착성이 약화되므로 상기 Mn의 함량은 0.32%이하로 제한하는 것이 바람직하다.

상기 S는 Cu나 Mn과 유화물 형태의 석출물을 형성하여 억제제의 역할을 하는 성분으로서, 0.005%까지는 제조공장에서 기본적으로 함유됨을 고려하여 가능한 한 하한관리가 필요하며, 0.007%이상이 함유되면 열연에서 저온재가열시 중심편석부의 고용 및 확산이 어려워지므로 탈 S공정등을 채용하여 강력 억제하여야 한다. 따라서, 상기 S의 함량은 0.007% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

상기 Al 성분은 N과 함께 AlN의 석출물을 형성하여 입성장억제력을 확보하는 중심 원소이며, 총량적인 Al관리가 아닌 용존상태의 Al량이 중요하다. 상기 Al함량이 0.01%이하인 경우에는 2차 재결정에 필요한 충분한 억제력을 갖지 못하기 때문에 결정립크기가 작고 불완전 미립자가 나타나 자속밀도가 낮고 철손이 나빠진다. 0.027%이상에서는 억제력이 너무 강해 자성이 우수한 (110){001}방위의 2차재결정 형성자체를 어렵게 하여 자기적 특성이 급격히 열화되므로 중점관리가 필요한 대표적 성분이다.

따라서, 상기 Al 함량은 0.011-0.027%로 제한하는 것이 바람직하다.

상기 N은 용존 Al과 반응 석출물을 형성하여 1차 재결정의 입성장억제제로 작용하므로 2차 재결정형성에 있어서 필수적인 성분이며, 0.008% 이하에서는 형성 석출물이 부족하게 되고, 0.012% 이상 첨가시에는 감광표면에 브리스터라는 결함이 생겨 제품의 표면특성을 열화시키므로 상기 N의 함량은 0.008-0.012%로 제한하는 것이 바람직하다.

상기 Cu는 불순성분인 S와 결합하여 Cu_2S 의 석출물을 형성하고, 석출물중 가장 저온에서 고용되는 성분으로써, 본 발명에서는 S 성분이 MnS로의 형성을 가능한 억제하여야 하므로 가능한 많이 첨가할수록 유리하지만, 0.60%이상 되면 탈탄소둔시 형성되는 산화물이 절연 피막 형성에 악영향을 줄 뿐만 아니라 2차 재결정립의 크기가 거대하여 자속밀도는 좋으나 철손값이 열화될수 있으므로, 총 Cu량은 0.6%이하로 제한하는 것이 바람직하다.

상기 Ni의 Cr은 1차재결정립을 미세화시켜 석출물 분산효과가 크기 때문에 적정재가열온도범위를 보다 높일 수 있다. 따라서 재가열온도를 기본적으로 1250-1300℃에서 작업하기 위해서는 단독 또는 2종 복합으로 최소 0.06%이상 첨가가 필요하고, 0.18% 이상 첨가시 소재중의 C성분과 결합함으로써 이후 탈탄성을 나쁘게 하므로, 상기 Ni 및 Cr의 함량은 단독 또는 복합으로 0.06-0.18%로 제한하는 것이 바람직하다.

이상의 성분계는 방향성전기강판 제조시 가장 큰 난문제인 슬라브 재가열온도를 하향화시키는 필수조건으로 슬라브 조성물 상기 와같이 조성하는 경우에는 슬라브 가열온도를 통상 일반 탄소강의 재가열온도인 1250℃에서 작업을 행하여도 우수한 자기적 특성의 확보가 가능하여 경제적인 효과는 크다. 이때 재가열온도가 1320℃를 넘으면 전기강판 슬라브가 용융하는 온도이므로 재철소에서 가장 경제적이고 용이한 재가열온도인 1250℃에서 1320℃까지로 한정하는 것이 바람직하다.

이후 제조공정은 1000℃이하에서 열연판소둔을 행하고, 1차 냉간압연하고 중간 820-870℃에서의 습윤분위기 탈탄소둔을 포함한 2차의 냉간압연으로 최종두께로 조정한다. 이때 본 발명의 저탄소하에서의 자성안정화를 위해 냉간압연시에 보다 더 높은 가공에너지를 확보하여야 하므로 2차 냉간압하율을 최소 58%이상 확보하여야만 본 발명의 저탄소성분계에서는 우수한 자성이 확보될 수 있다. 이때 58% 이하에서는 2차 재결정 형성자체가 불가능하여 자성이 급격히 저하되고, 65% 이상에서는 탈탄성이 악화될 우려가 있으므로 본 발명에서는 2차 냉간압하율을 58%이상 65% 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

최종 두께로 조정된 소재는 600℃ 이하에서의 중간 회색소둔을 거쳐서 MgO를 주성분으로 하는 소둔분리제를 도포한후 권취하여 대형코일로 만든 다음 최종 마무리소둔공정을 행한다. 특히 최종 마무리소둔시 1200±20℃까지의 습윤분위기는 분위기 가스는 20-25% 질소 함유 수소분위기에서 행하고 1200±20℃의 최고 균열온도구간에서 100% 수소분위기에서 균열하는 것을 특징으로 하여 총 20시간이상 처리 후 냉각하는 열사이클을 거치는 마무리고온소둔을 행함으로써 탈탄성 및 자성이 우수한 바하서 전기강판

이 제조된다.

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.

[실시예 1] 중량%로 Si: 3.18%, Mn: 0.205%, S: 0.005%, N: 0.005%, 용존 Al: 0.017%, Cu: 0.493%, Cr: 0.047% 및 Ni: 0.049%를 기준으로 하여 여기에 C량을 0.019, 0.022, 0.033, 0.041 및 0.052%로 변화시키고 잔부 Fe 및 기타 불가피하게 혼입되는 불순물을 포함하여 조성되는 5개의 성분계를 용해한 다음 230mm 두께의 슬라브를 제조하였다. 이들 슬라브를 표면 용융이 없는 1300℃의 저온에서 4.5시간 재가열 후 열간 압연을 하여 2.3mm 두께의 열연판을 만들었다. 다음에, 960℃에서 열연판소둔을 하고 산세후 1차 냉간압연하여 0.75mm 두께로 조정하였다. 이 중간소둔판을 850℃의 습윤분위기에서 탈탄소둔을 거쳐 0.30mm 두께로 최종 냉간압연을 행하였다. 이어 560℃에서 회복소둔, MgO 도포 후 코일상태로 권취하여 최종 마무리고온소둔을 실시하였다. 최종 마무리소둔은 600℃에서 1차 저온균열, 이어 시간당 20℃의 속도로 승온, 1200℃에서 총 20시간이상 2차 고온균열 후 30시간에 걸쳐 상온까지 냉각하였으며, 이때의 분위기가스는 1200℃까지의 승온시는 25% 질소 함유 수소분위기에서, 그 이후는 100% 수소분위기에서 행하여 자기적 특성을 확보하였다. 이때 탈탄소둔후의 소재의 잔류탄소량을 측정하고, 최종 마무리소둔후의 자성을 측정하여 하기표1에 나타내었다.

[표1]

시험No.	소감 탄소량 (%)	탈탄소둔후 잔류탄소(ppm)	자 성	
			자속밀도, B ₁₀ (Tesla)	철손, W _{17/50} (W/Kg)
발명재 a	0.019	14	1.876	1.15
발명재 b	0.023	22	1.883	1.19
비교재 1	0.032	38	1.879	1.20
비교재 2	0.041	98	1.864	1.25
비교재 3	0.053	146	1.795	1.78

* 자속밀도, B₁₀(Tesla): 1000Amp/m로 자화했을때의 유도되는 자속밀도

* 철손, W_{17/50}(W/Kg): 50Hz에서 1.7Tesla가 얻어지도록 자화했을때의 철심의 손실값

상기 표1에 나타난 바와 같이, 본 발명에 부합되는 소재탄소량 0.019 및 0.023%인 발명재(a) 및 (b)의 경우에는 탈탄소둔처리후 잔류탄소량이 관리기준인 25ppm이하를 잘 만족하고 또한 자성특성도 자속밀도가 1.876Tesla이상으로 높고, 철심손실특성(철손)은 1.19W/Kg이하로 낮아서 우수한 자기적 특성을 확보하고 있음을 알 수 있다. 그러나 비교재인 소재탄소 0.032%이상재에서는 자성은 비교적 우수하나 소재 잔류탄소가 관리기준치를 훨씬 초과함을 알 수 있으며, 이는 수요가에서의 사용특성이 급격히 나빠질 수 있어 본 발명의 범위에서 제외하였다.

[실시예 2] 중량비로, C: 0.013%, Si: 3.18%, Mn: 0.205%, S: 0.005%, N: 0.0095%, 용존 Al: 0.017%, Cu: 0.493%, Cr: 0.047% 및 Ni: 0.049% 잔부 Fe 및 기타불가피한 불순물로 조성되는 성분계를 용해하여 230mm 두께의 슬라브를 제조하였다. 이들 슬라브를 슬라브 표면용융이 없는 1310℃의 저온에서 4시간 재가열후 열간압연을 하여 2.3mm 두께의 열연판을 만들었다. 그 다음 960℃에서 열연판소둔을 하고 산세후 최종 2차 냉연율이 50-62.5%가 되도록 두께를 조정하여 1차 냉간압연하였다. 이 중간소둔판을 870℃의 습윤분위기에서 균열기준 3분간 탈탄소둔을 거친 후에 모든 시험을 0.30mm 두께로 최종 냉간압연을 행하였다. 이어 560℃에서 회복소둔, MgO 도포 후 코일상태로 권취하여 최종 마무리 고온소둔을 실시하였다. 최종 마무리 소둔은 600℃에서 1차 저온균열, 이어 시간당 20℃의 속도로 승온, 1200℃에서 총 20시간 이상 2차 고온균열 후 30시간에 걸쳐 상온까지 냉각하였으며 이때의 분위기가스는 1200℃까지의 승온시는 25%질소함유수소분위기에서, 그 이후는 100% 수소분위기에서 행하여 자기적 특성을 확보하였다. 이때 2차 냉연율에 따른 탈탄소둔후의 소재의 잔류탄소량 및 최종 마무리소둔후의 자성을 측정하여 하기 표2에 나타내었다.

[표2]

시험No.	2차 냉연율 (%)	탈탄소도후 잔류탄소(ppm)	자 성	
			자속밀도, B_{10} (Tesla)	철손, $W_{17/50}$ (W/Kg)
비교재 4	50	14	1.735	1.87
비교재 5	53.8	14	1.802	1.34
비교재 6	57.1	15	1.856	1.23
발명재 c	58.6	18	1.886	1.17
발명재 d	60	20	1.884	1.15
발명재 e	62.5	22	1.876	1.19
비교재 7	68	31	1.875	1.20

* 자속밀도, B_{10} (Tesla): 1000Amp/m로 자화했을때의 유도되는 자속밀도

* 철손, $W_{17/50}$ (W/Kg): 50Hz에서 1.7Tesla가 일어나도록 자화했을때의 철심의

손실값

상기 표2에 나타난 바와같이, 2차 냉연율이 통상의 냉연율에 해당되는 50~54%인 비교재(4) 및 (5)에서는 거의 2차 재결정이 형성되지 않아서 자성이 확보되지 않으며 57%의 경우인 비교재(6)의 경우 자성이 다소 불안정하며, 비교재(7)의 경우 잔류탄소량이 관리기준인 30ppm을 초과함을 알 수 있다. 그러나, 본 발명에 부합되는 압연율 58% 이상인 경우 발명재(c-e)에는 자속밀도가 높고, 철심손실은 낮아서 우수한 자기적 특성을 나타내고 또한 소재중의 잔류탄소량도 낮아서 양호한 품질상태임을 알 수 있다.

(57)청구의 범위

청구항1

종량%로 Si: 2.9~3.3%, P: 0.015% 이하, 용존 Al: 0.011~0.027%, N: 0.0080~0.012%, S: 0.007%이하, Ni 및 Cr의 잔류 또는 복합: 0.06~0.18%, Mn: 0.32% 이하, Cu: 0.6%이하, C: 0.010~0.025%, 잔부 Fe 및 기타 불가피한 불순물로 조성되는 스프라블 1250~1320℃로 재가열한 후 열간압연을 행하고, 이어 1000℃이하의 온도에서 열연판 소둔을 행한 후, 820~870℃의 습수소분위기에서 행하는 탈탄소도를 포함한 2회의 냉간압연에 의해 최종두께로 조정하되 2차 냉간압연율을 58~65%로 하고 이어 600℃이하에서 회복소둔을 행한다을 MgO를 주성분으로 하는 용착방지제를 도포하여 권취한 다음, 실온에서 1180~1220℃까지 승온하되 승온구간중의 분위기가스를 20~25% 질소함유수소 분위기로 하고 1180~1220℃의 최고균열온도구간에서의 분위기 가스를 100% 수소 분위기로하여 총 20시간 이상의 균열후 냉각하는 열사이클을 거치는 최종마무리소둔을 행한 후, 냉각하는 자성 및 탈탄성이 우수한 방향성 전기강판의 제조방법.